

Tóthné Szita Klára

REGIONÁLIS FENNTARTHATÓSÁGI ELEMZÉS ÉLETCIKLUS MEGKÖZELÍTÉSBN¹

Bevezetés

A fenntarthatóság a jövő politikai paradigmaváltásának alapkérdése. A fenntarthatóság bár tartalmában meglehetősen diverz fogalom, számos kontextusban előfordul, és a regionális vonatkozásai is egyre gyakoribbak. Megfogalmazhatók rá minimum elvárások, de lehet a fenntarthatóság célja az optimális vagy ideálisztikus állapot elérése is. A fenntarthatósággal kapcsolatos vizsgálatok sokrétűek. Vizsgálhatók az interakciók a környezet-gazdaság és társadalom között különböző szinteken, elemezhetők a fenntartható fejlődés felé megtett lépések, elért eredmények. Alkalmazhatók életciklus megközelítésű vizsgálatok, amelyek azonban csak az utóbbi években láttak napvilágot. A három pillérre épülő fenntarthatósági életciklus elemzések integrálják a környezeti- társadalmi- és gazdasági életciklus vizsgálatokat. A módszert eddig elsősorban termékekre, termék-rendszerekre alkalmazták, a regionális fejlődés értékelésére történő adaptálás viszonylag új kutatási területnek számít, amelyen a Miskolci Egyetem kutató-csoportjában is dolgozunk. Jelen tanulmány először áttekinti a fenntartható fejlődés elemzésére kifejlesztett módszereket, majd bemutatja az életciklus-szemlélet koncepciójára épülő fenntarthatósági elemzések lényegi elemeit, alkalmazhatóságát. Végül a regionális elemzésre kidolgozott modellt, a jelentkező bizonytalanságokat és azok kiküszöbölésének megoldásait veszi számba. Rávilágít arra, hogyan lehet az anyag- és energiaáramok dinamikus mozgását összekapcsolni a gazdasági és társadalmi adatokkal, azért, hogy a gazdasági teljesítmények különböző szintre vetített, komplexebb megítélését megkönnyítsük.

¹ A tanulmány alapját képező kutatást az NKTH Baross Gábor Program: LCANORRINO – „Az LCA alapú regionális teljesítményértékelési és optimalizálási szolgáltatások fejlesztése az észak-magyarországi régióban” című pályázat támogatta – NHR – LCA – NORRIA. REG_EM_KOMP_09, 2009

A fenntarthatóság értelmezése

A fenntarthatóság, mint terminológia a témával foglalkozók körében általánosan ismert, és talán már egy kicsit divatossá is vált fogalom. A kezdetekben a fenntarthatóság értelmezése a gazdasági növekedés fenntarthatóságára szűkölt le. Ma, és főként a környezetgazdászok által használt értelemben egy három pilléren nyugvó stratégiai előretekintről van szó, amelynek során úgy fejlődik a gazdaság, hogy tiszteletben tartja a környezeti szempontokat, az ökológia egyensúly megmarad az ökoszisztémában, és a fejlődés a társadalmi elvárásokat is kielégíti. Igaz ugyan, hogy a gazdaság növekedése mind több és több erőforrást igényel, és ennél fogva a kimerülő erőforrások túlfogyasztását eredményezi, amihez még output oldalon egy növekvő hulladékáram is párosul, ezért sokan megkérdőjelezzik az olyan gazdaság fenntarthatóságát, ami gazdasági szempontból értéket teremt, környezeti szempontból viszont értékvesztéssel jár (Kerekes 2010).

Ha elfogadjuk azt, hogy a fejlődés nem feltétlenül az anyagi és az emberiség számbeli növekedését jelenti, hanem inkább az emberiség szellemi fejlődését, akkor elvileg lehetséges a Föld élővilága állapotának megőrzése, és a fenntartható fejlődés. Az ökológiai közgazdaságtan neves képviselője szerint: „...a fenntartható fejlődés a folytonos szociális jólét elérése, anélkül, hogy az ökológiai eltartó-képességet meghaladó módon növekednénk” (Daly 1996).

Jelenleg már egyre inkább az ökológiai szűkösség jelenti a fejlődés gátját. A világ fenntartható fejlődésének kulcskérdése, hogyan lehet biztosítani az energiaellátást és az iparfejlesztést anélkül, hogy a légkör tovább szennyeződne, vagy hogyan lehet meggátolni az éghajlatváltozást, hogy közben a fejlődő országok gazdasági növekedése is végbemenjen. Tanúi lehetünk, hogy az energiafogyasztás a fejlődő világban (Kína, India) jelentősen megnőtt, ezért az energiahatékonyság és a megújuló erőforrások használati arányának növelése alapvető követelmény lett.

A fenntartható fejlődés filozófiája mentén született meg a zöld gazdaság koncepciója, amelyben az állam koordináló szerepe hangsúlyosan jelenik meg. Célja a környezettel harmóniában megvalósuló gazdasági fejlődés elérése ún. zöld fejlesztési tervek segítségével, amely még a pénzügyi-gazdasági válságból való kilábalás lehetséges útjának tűnt az USA-ban és Európában egyaránt. Günter Pauli (2010) által javasolt kék gazdaság modellje viszont továbblép, amikor a természet vezérelte gazdaság megteremtését javasolja. Itt a fenntarthatóság megvalósítása igazi paradigmaváltást igényel. A kék gazdaságban a környezet megőrzése és a gazdaság növekedése a humán tőke felértékelődését is megvalósítja. Ebben a modellben pótlólagos erőforrás felhasználás nélkül, a zéró emisszióval jellemezhető öko-innovatív megoldások új munkahelyek teremtésével járulnak hozzá az életminőség javításához. Ez azt jelenti, hogy a természeten kívüli gazdaság koncepcióját feladva, a természetbe integrált gazdaság alapjainak megte-

remtésével, energiarendszerekben és hosszú távon gondolkodva juthatunk el ahhoz a fejlődéshez, amiről Daly beszélt, ami mai értelmezésünk szerint a fenntartható fejlődést lefedi.

A fenntarthatóság mérése

Végigtekintve a fenntartható fejlődés főbb mérföldköveit – a fenntartható fejlődés (Brundtland) meghatározása (1987), a Rio Konferencia (1992), a Johannesburgi Föld Csúcs (2002), majd a fenntarthatósági stratégiák kimunkálása, illetve a Marracesből elindított fenntartható termelés és fogyasztás 10 éves programja – azok egyben a fenntarthatóság különböző szintű méréséhez is újabb és újabb adalékot jelentettek.

Régóta foglalkoztatja a kutatókat a fenntarthatóság koncepciójának kezelése, és elméletének közgazdasági megalapozása mellett az is, hogy a fenntarthatóság érdekében történő erőfeszítések eredményeit hogyan lehet mérni, értékelni. A fenntarthatóság mérésére kifejlesztett módszerek széles skálán mozognak. A sokféle szinten és eltérő megközelítések miatt nincs egységesen kialakult modell vagy módszer a fenntarthatóság értékelésére, az alkalmazott módszerek is jelentős diverzifikációt mutatnak. Rengeteg mutatószám áll rendelkezésre, de ki mondja meg, mely mutatószámok a legfontosabbak a fenntartható fejlődés szempontjából?

A válaszadást nehezíti az a tény, hogy a fenntartható fejlődés amellett, hogy többdimenziós, még dinamikus fogalom is, és a három pillért képező gazdasági, társadalmi és környezeti jelenségek egymástól eltérő ritmusban működnek.

Találkozhatunk:

- globális regionális és lokális szintű mérésekkel (*Jänicke* 2005);
- egy-egy ágazat tevékenységének megítélésével összefüggésben (közlekedés, energia, földhasználat, hulladékkezelés, ipar, szolgáltatás, turizmus, háztartás) készült elemzésekkel,
- termelés és fogyasztás fenntarthatóságára vonatkozó vizsgálatokkal (*Roy* 2000);
- egy-egy termék vagy termék rendszerre fókuszált elemzéssel (*Heijungs et al*, 2010);
- komplexen a három pillér teljesítményét elemező módszerekkel (környezet, gazdaság, társadalom) (*Fiksel et al*, 1999);
- egy-egy pillér fenntarthatóságának vizsgálatára koncentráló (gazdaság, pénzügyi fenntarthatóság; nyugdíjrendszer fenntarthatósága, fenntartható energiagazdálkodás, fenntartható foglalkoztatás, környezeti fenntarthatóság) tanulmányokkal;
- ex ante, ex post mérésekkel, (*Jänicke* 2005);
- ökonometriai megközelítésekkel (*Brettel* 2003, *Zagamé et al*, 2010);
- indikátor alapú mérésekkel (OECD, 1993);

- életciklus alapú fenntarthatósági vizsgálatokkal (*Heijungs et al, 2010*);
- ökolábnym mérésével (*Wackenagel, Ress, 1996*).

A legtöbb elemzési módszer a 3 pilléres koncepcióra és a top–down megközelítésre támaszkodik. Persze a fenntarthatóságot a fogyasztás és termelés környezeti teljesítményével is próbálják jellemezni, vagy éppen az eltartó kapacitást becsülik (UNEP program; *Jungbluth 2011*), de gyakoriak a szakértői SWOT elemzések is.

A gyenge és erős fenntarthatóság koncepciót illetően is megoszlott a szakmai képviselő, de emellett újabb és újabb kérdések merülnek fel, mint a rugalmas alkalmazkodóképesség, öko-hatékonyság kontra „rebound”² hatás. A jövőt illetően abban valamennyien egyet értenek, hogy a „jól lenni, vagy „jóllét” az életminőségében bekövetkező kedvező változást jelent, ami nem feltétlenül párosul az anyagi jólét növekedésével. Mivel a fenntarthatóság multidimenzionális határokkal rendelkezik, az a rendszer, amelyik egyik dimenziójában fenntarthatatlan, általában nem fenntartható. A fenntarthatóság jövőorientált volta miatt, a jövőscenáriók, előrejelzések technikái is helyet kapnak a fenntarthatósági elemzések között, legyen az statisztikai alapon történő trendelemzés, vagy a scenárió alkotás új módszere. Igaz, hogy a hosszú távú idősorok alapján történő elemzés a változás dinamikájának egy múltira épített meghosszabbított trendvonalát jelenti, viszont számos hatás, ma még nem észlelt esemény eltérítheti a jelen fejlődési útját, és egészen más pályára terelheti, amit érdemes számításba venni.

A *fenntarthatóság* kiemelt kérdésként jelenik meg a regionális- vagy a terület- és településfejlesztés tekintetében. A mérés szempontjából ennek követése talán egyszerűbb, mert a regionális szintű fenntarthatóság jobban átlátható, a gazdasági eredmények a társadalmi intézmények és az ökológiai funkciók szorosabb kapcsolata miatt. Természetesen a regionális fenntarthatóság elemzéséhez is szükséges a fenntarthatóság felé való haladást nyomon követni, részben a kormányzati vagy globális célkitűzések mentén, részben a regionális célok teljesítése alapján.

A regionális szintű fenntarthatóság alapvető kritériumai:

- egyensúly a gazdasági versenyképesség, a környezet megóvása és a társadalom fejlesztése területén,
- integrált, problémaorientált fejlesztéspolitika (szektorok, politikák, intézményi keret),
- helyi lakosság vonatkozásában meghatározható közjó érvényesülésének biztosítása, szűk lobbyérdekek helyett,
- együttműködési fórumok hangsúlyosabbá válása és fejlesztést kiszolgáló rendszerek átláthatósága,

² Az ún. rebound effect visszapattanó hatás akkor következik be, amikor az öko-hatékonyságból eredő energia megtakarítás eltűnik a fogyasztók viselkedése miatt. Makroökonómiai szinten a hatékonyságjavulás miatt csökkennek az árak, a fogyasztói igény viszont megnő.

- megfelelő politikai akarat és támogatás, valamint
- belső kohézió.

A fenntartható megoldások egyre inkább olyan innovációkat igényelnek, amelyek nagyobb érzékelhető kockázatot jelentenek a befektetők számára. Olyan mechanizmusokra van szükség a terület- vagy regionális fejlesztésben, mely arra ösztönzi a fejlesztőket és a befektetőket, földtulajdonosokat hogy fenntartható megoldást alkalmazzanak (*Nadin 2003*).

A fenntartható fejlődés modellezése

A fenntarthatóságot modellezni lehet a minimum-elvárások, az optimális vagy idealisztikus állapotok alapján. Az utóbbi években számos globális és regionális modell született, amelyek közül jó néhány hozzájárult kutatásunk megalapozásához és a saját modellünk megalkotásához. Ezek egy része ökonometriai modell volt, míg mások indikátor alapúak vagy éppen életciklus szemléletben készültek. A következőkben röviden bemutatjuk a három területhez kapcsolódó és kutatásunkat megalapozó – általunk legfontosabbnak ítélt – modelleket.

A PANTA REI modell

A német gazdaság erősen szofisztikált ökonometriai modellje (*Meyer et al., 1999*), amely egy 58-szektoros ökonometriai szimulációs és előrejelzési modell, ökológiai elemekkel kiegészítve. Lényegében az INFORGE (Interindustry Forecasting Germany) modell továbbfejlesztett változata, amely egy jobban lebontott energia és légszennyezési modellel egészül ki. A modell 29 energiaszállítót és annak inputjait különbözteti meg 58 termelési szektorban és háztartásban, valamint 8 légszennyezőanyagot és annak a 29 energiaszállítóhoz fűződő kapcsolatát. A modellt magas fokú interdependencia jellemzi; ábrázolja a jövedelmek, a volumen és ár, valamint a munkabér és ár kapcsolatait.

REEIO modell

Brettel (2003) néhány ökonometriai modell vizsgálata után a regionális fenntartható fejlődés modellezésére a REEIO (Regional Economy and Environmental Input-Output) modell felállítását javasolta az Egyesült Királyság régióinak fenntarthatósági elemzésére, amelyben a gazdasági trendeket és politikai változásokat az erőforrásokkal és a környezetterheléssel kapcsolták össze. A modell a gazdaság környezeti hatások vizsgálatához az alábbi indikátorokat alkalmazza:

- bruttó hozzáadott érték,
- személyes jövedelmek,
- fogasztói kiadások, és beruházások,

- ipari termelés outputja és foglalkoztatottak,
- hulladékáramok, és ipari hulladékok,
- hulladékgazdálkodás módjai,
- kulcs emissziók,
- energiaigény (szállításé is),
- vízfogyasztás (háztartás+ipar).

A modell output a helyi gazdaság szerkezete és a foglalkoztatás határozza meg.

A FUGI modell

A modell célja olyan „forgatókönyv” és gazdaságpolitikai javaslatok kidolgozása, amelyek hozzájárulnának olyan globális kérdések megoldásához, mint a fejlett ipari országok és a fejlődő világ harmonikus együttélése. A modell tizenöt földrajzi régiót, és mindegyikben tizennégy gazdasági szektort különböztet meg. Egy adott évre leírja a források és késztermékek áramlását a szektorok között. Kiszámolja a „végső keresletet”, azaz a szektorok kibocsátásának azt a részét, amely végtermékeknek tekinthető, vagyis fogyasztásra, beruházásra vagy exportra kerül. A számítások megkönnyítésére az iparágak közötti áramokat pénzürtékben adták meg. A kereskedelmi alprogram kiszámolja a régiók közötti termékáramokat valamennyi szektorra, a múltbeli adatok statisztikai (lineáris regressziós) elemzésével. *Onishi (2004)*.

SuE modell

„Sustainable Europe” azaz Fenntartható Európa modell egy rendszerdinamikai modell. A modell alapja a források fizikai elszámolása. A SuE modell egy energiaáramlás alapú modell és egy anyagáram elemzés együttese. Abból a hipotézisből indul ki, hogy a fenntartható fejlődés egy olyan folyamat, amely nem haladja meg a természet teherbírását, egyaránt használ energia- és anyagáramlás-elemzést is, annak érdekében, hogy értékelni tudja a természet teherbírását tiszteletben tartó gazdasági hatásokat. A modell az EU–15-ök fizikai input-output táblázatát (Euro-PIOT), és a természeti környezet és a gazdaság közötti anyagáramlásokat is tartalmazza (*Bockermann 2000*).

EPSILON projekt

Az EPSILON projekt Európa környezetpolitikájának fenntarthatósági indikátorait fejlesztette ki 2002–2005 között GIS rendszerben és a régiók közötti összehasonlítás is megtalálható benne. Az indikátorokat 4 szférára dolgozták ki (környezet, gazdaság, társadalom és intézmények). Az aggregált indikátorokat szoftverek segítségével NUT II és NUT III. szintekre is kiszámították. (*Blanc et*

al. 2005.) Az aggregált index kiszámításánál az emberi egészségre gyakorolt hatás alapján súlyozták az indexet, amit DALY (megváltozott egészség életévei) mértékegységben adtak meg, ahogy azt az IMPACT2002 adatbázis tartalmazza. A levegőre vonatkozó minőségi jellemzőket komponensenként jelenítették meg az adatok normalizálása és súlyozás alapján.

GEM-3 modellek

A CGE (Computable General Equilibrium) modell árvektorok mentén vizsgálta a gazdasági egyensúlyt és hatékonyság szerint az erőforrás alokációt a Walrasi gazdaságelmélet alapján. (Wing 2004), amire épül a GEM-E3 modell, (Európa és Világ változat), amely a makrogazdasági helyzet (piac) és a környezet és energia rendszerek közötti összefüggést vizsgálja, a két modellben csak az eltérő földrajzi és szektorális lefedettség különbözik. A modellben a háztartások fogyasztása is szerepel. A háztartások matematikai leírása a Cobb-Douglas függvénnyel történik. A fogyasztók viselkedését a költségek és árak alapján, a szennyezés elhárítás költségeinek modellezésével végzik. A költségeket a marginális kezelési költségekből származtatják.³

NEMESIS modell

Gyakoriak azok az ökonometriai modellek, amelyek főként piaci vagy pénzügyi egyensúlyok fenntarthatóságának elemzése céljából készülnek, rövid távú előrejelzések érdekében koherens statisztikai adatok felhasználásával. Egy ilyen modell a NEMESIS (New Econometric Model of Evaluation by Sectoral Interdependency and Supply), amely rendkívül részletes, 32 szektor és 27 fogyasztási cikk adatait tartalmazza. Az energia és környezeti szektorok leírása az árak, energiafajták, azok mennyiségei és a releváns emissziók, valamint más szektorokkal való kapcsolatok alapján valósul meg. Minden EU tagállamra és szektorokra, de Európa egészére is kidolgozták. A NEMESIS modell a Lisszaboni célok teljesítéséhez, a Kyotói protokollhoz kapcsolódik, és figyelembe veszi a K+F, oktatás-képzés, foglalkoztatás stb. helyzetét. Különböző politikai célokra alkalmazzák, főként előrejelzések és politikák megalapozására (Zagamé et al, 2010).

SOCIO-LINE modell

Az ökonometriai modellek, bár gyakran a fenntartható fejlődés modelljeként jelennek meg, többnyire arra keresnek választ, hogy előrejelezzék a gazdasági növekedés várható alakulását. Ilyen modell a SOCIO-LINE modell is. A

³ Forrás: http://www.ecmodels.eu/index_files/Manual_of_GEM-E3.pdf

Az életciklus személetes (LCA alapú) megközelítések

The diagram illustrates the energy flow and environmental impact within a socio-technical system. It features two nested ovals: a large red one for 'Társadalom' (Society) and a smaller blue one for 'Technoszféra' (Technosphere). Inside the 'Technoszféra', 'Elsődleges energia források' (Primary energy sources) provide 'Indirekt' (Indirect) energy, which then flows as 'Közvetlen' (Direct) energy to 'Energia' (Energy) and 'irány' (Direction). 'Energia' flows to 'Végső energia szolgáltatás' (Final energy service), which then flows to 'Környezeti hatás (EI)' (Environmental impact). 'Irány' also flows to 'Környezeti hatás (EI)'. 'Végső energia szolgáltatás' also flows to 'Környezeti hatás (EI)'. The 'Technoszféra' is also influenced by 'Természet' (Nature) and 'Környezeti hatás (EI)'.

98

Exergia alapján történő fenntarthatóság modellezése

A fenntartható energia rendszerek LCA alapú értékelésére jelenleg négy megközelítés is alkalmazható Rodríguez et al, (2010) tanulmánya szerint:

- Halmazott energia fogyasztás (Szargut 2005),
- Zeró exergia kibocsátás (Cornelissen 2002; Sciubba 2004),
- Az energia elérhetőségének ötlete Dewulf (2002), valamint a
- Közvetett energiafogyasztás alapján, Wall (2002) szerint.

A halmazott energiafogyasztást (CE*C) az Ecoinvent adatbázisra épített életciklus értékelés alapján határozza meg, vagyis, egy termék életciklus energiaigényét (CE*D) az összes erőforrás exergia igényének összegeként határozza meg.

IO-LCA modellek

Az IO LCA módszert 1998-ban fejlesztették ki Hendrickson és munkatársai. A módszer alapja a Leontief's (1970) IO módszere környezeti elemzésekre (EIO-LCA). A modell azokat a tranzakciókat használja, ami az ipari szektorok és környezet szennyezések között fennáll pl. kéndioxid, szilárd részecskék, széndioxid és természetes erőforrás fogyasztás, amelyek a gazdaság kínálati lánc oldaláról határozzák mega környezeti hatásokat. Az IO-LCA eszköze az elemezni kívánt folyamatok szimulációja és input output táblákkal való jellemzése. A modellben az erőforrások mellett az infrastruktúrát is figyelembe veszik. A modellt elsők között alkalmazták az USA-ban regionális viszonyok elemzésére (REIO-LCA) Cicás et al, (2007)

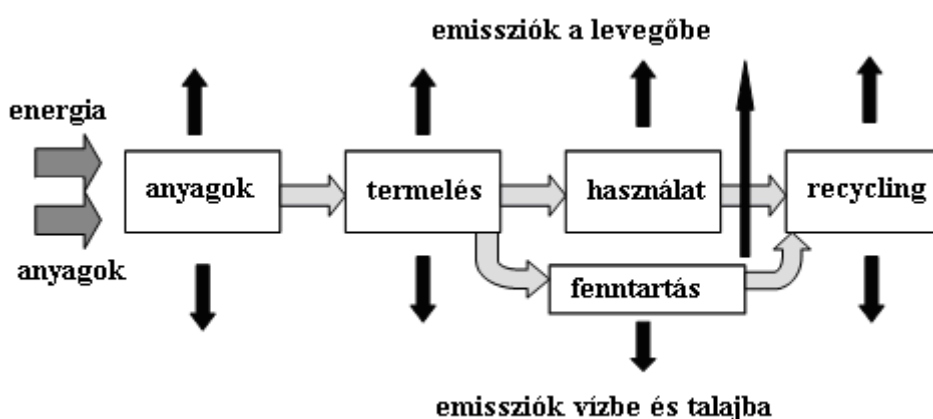
Az EVR modell

Az EVR (Eco cost/value rate) modell a Porter féle értéklánchoz és az ökológiai terméklánc modellhez kapcsolódik. Az értékláncban a hozzáadott értéket és költségeket a termék minden – bölcsőtől a sírig tartó – lépésére meghatározzák a környezeti költségekkel együtt. A környezeti költségek három direkt és két indirekt elemet tartalmaznak. Úgy mint a fenntartható szintet elérő szennyezés elhárítás költségei, az erőforrás (nyersanyag) kimerülés költsége, megújuló energiák költségei, valamint a releváns készülékek, infrastruktúra használat és a munka költségei. A számítás során allokációt is alkalmaznak a termék-szolgáltatás rendszerben és a termék életútjának végén. A modell elméleti megalapozása 1999-től, több szerzőhöz kapcsolódik, részletes leírást Vogtlander et al, (2009) munkájában találunk. A költségek számítása a Delft TU www.ecocostvalue.com oldalon is megtalálható.

A fenntartható termékrendszerekre alkalmazott LCA modellben a fenntarthatóságot a környezeti költségek és értékarány viszonyításával jellemzik. Modelljük a környezet-gazdaság és társadalom pilléreiből (Planet/Price/People) főként

a környezet és gazdaság területére koncentrálnak, az általuk megadott P/P alapján, ahol az emberek a harmadik világ szegényei, és a bolygó állapotán pedig a jövő környezetét értik. Ebben a modellben a környezeti költség érték arány az (EVR) a fenntarthatóság értékeléséhez használt indikátor, amely három különböző funkciót is betölt. Alkalmas:

- azonos funkciójú, de eltérő minőségű termékek értékelésére, mivel a költségek hozzáadódnak az LCA-hoz;
- kormányzati stratégia összehasonlítására, fogyasztói és termelői szempontból is;
- A környezeti költség érték arány (EVR) az úgy nevezett gazdasági allokáció indikátoraként funkcionálni.



2. ábra. Az EVR modell alapja
 Forrás: Delft TU, www.ecocostvalue.com

A CALCAS modell

A CALCAS (Co-ordination Action for Innovation in LCA for Sustainability) projekt felállított egy új LCA modellt a fenntarthatóságra, amely sokkal szofisztikáltabb, a környezeti szempontok mellett több diszciplínát integrál, épít a társadalom- és gazdaságtudományra (döntésméleltre), a fizikára, (termodinamikára) stb (Heijungs et al., 2009). Az életciklus fenntarthatósági értékelés (LCSA; life cycle sustainability assessment) a környezeti életciklus elemzés (LCA), az életciklus költségszámítás (LCC; life cycle costing) és a társadalmi életciklus értékelés (SLCA; social life cycle assessment) összegeként valósul meg, azaz felírható az alábbiak szerint:

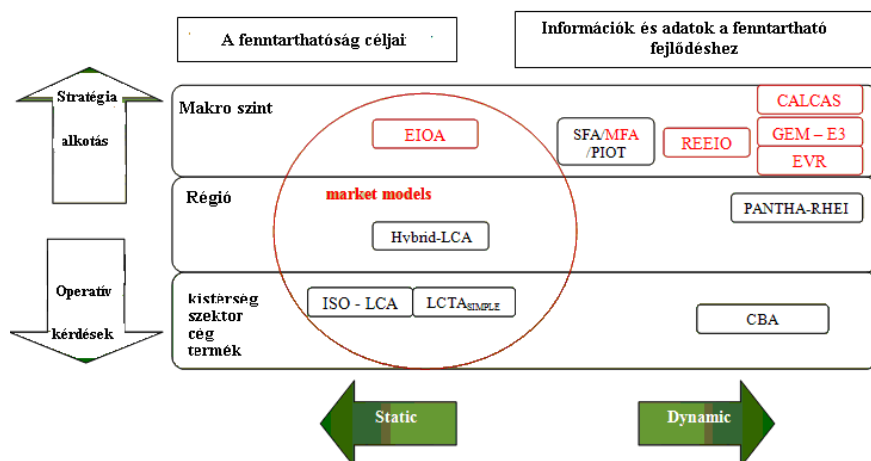
$$LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

Az LCA-nak, az LCC-nek és SLCA-nak azonos technológiai rendszer az alapja, így ugyanazon rendszer három különböző nézőpontú változatait jelentik.

A CALCAS projektben az életciklus szemléletben gondolkodást és a dinamikus optimalizálási módszert az elektromos ellátáson keresztül demonstrálták, négy különböző hatásértékelési módszer alapján hasonlították össze a fenntarthatósági elemzésre való alkalmazását.

LCA alkalmazása regionális fenntarthatóság mérésére

A bemutatott modellek közül az első négy kizárólag csak gazdasági adatok vizsgálatára támaszkodott. A regionális környezeti hatások előrejelzésére további, kiegészítő adatokra van szükség, amint azt REIO-LCA mutatta, ahol az elemzés adatigénye kiegészült a várt gazdasági hatások becslésével, az erőforrás-felhasználási adatokkal, illetve emissziós adatokkal. Igaz ugyan, hogy ez jelentősen megnövelte a vizsgálathoz szükséges időt és az értékelés költségeit, és annak bizonytalanságát. A modell segítségével megvalósítható egy új iparág régióba településének hatásainak előrejelzése, de alkalmas a villamosáram és üzemanyag felhasználás ellátási láncának és azok előállításához közvetlen kapcsolódó emissziók becslésére is. Kutatásunkban⁴ főként ennek a modellnek az alkalmazására és annak regionális adaptációjára helyezük a hangsúlyt, de a pirossal jelzett modellek tapasztalataira is építettünk.

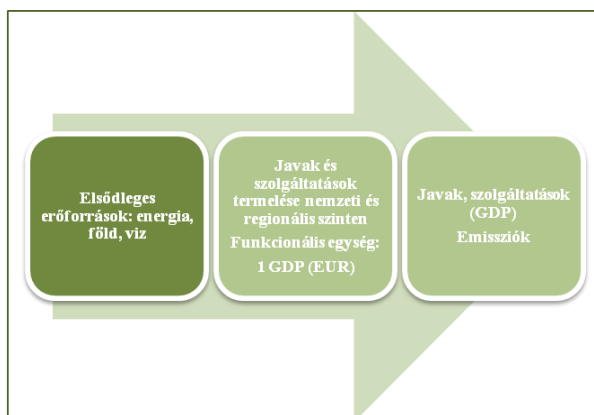


3. ábra. Fenntarthatóság értékelésére alkalmazott modellek összefoglaló ábrája

Forrás: Roncz, Szita 2011.

⁴ Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Kar LCA Kompetencia Kutatólaboratóriuma egy, a NORRIA által elnyert Baross Gábor kutatás keretében jött létre, mint a NORRIA és a ME GTK közötti együttműködés eredménye. <http://www.lcalabor.hu/baross.htm>

Kutatásaink során az életciklus-elemzést a szokványos termék vagy termelési folyamat vizsgálata mellett megkíséreltük a regionális fejlődés illetve a fenntarthatóság irányába történő elmozdulás mérésére is alkalmazni. A hazai energiamix környezeti terhelésének életciklus-elemzése során merült fel az a gondolat, hogy adaptáljuk a módszert az egységnyi GDP előállításához kapcsolódó környezeti hatások mérésére, illetve annak összehasonlítására, hogy van-e különbség az egyes térségek közötti GDP egységre jutó környezeti hatásokban.



4. ábra. AZ LCA modellezése regionális vagy nemzeti szintre
Forrás: Tóthné Szita 2008.

Az LCA regionális szintű adaptációja megkövetelte az LCA szabványos menetének megfelelően:

- a rendszerhatárok kijelölését,
- a funkcionális egység meghatározását,
- az adatok minőségére vonatkozó elvárások rögzítését,
- adatgyűjtést, leltárfelvételt, végül a
- hatásértékelés elvégzését.

Esetünkben a rendszerhatár a régió közigazgatási határa, funkcióegység 1 GDP. Elméletileg az elemzés kiindulási pontja az egy év alatt előállított GDP értékének megadása, majd az ágazati kapcsolatok mérlege (inputoutput mátrix) segítségével az inputok meghatározása, a környezeti statisztikából pedig az output oldali emissziók kigyűjtése.

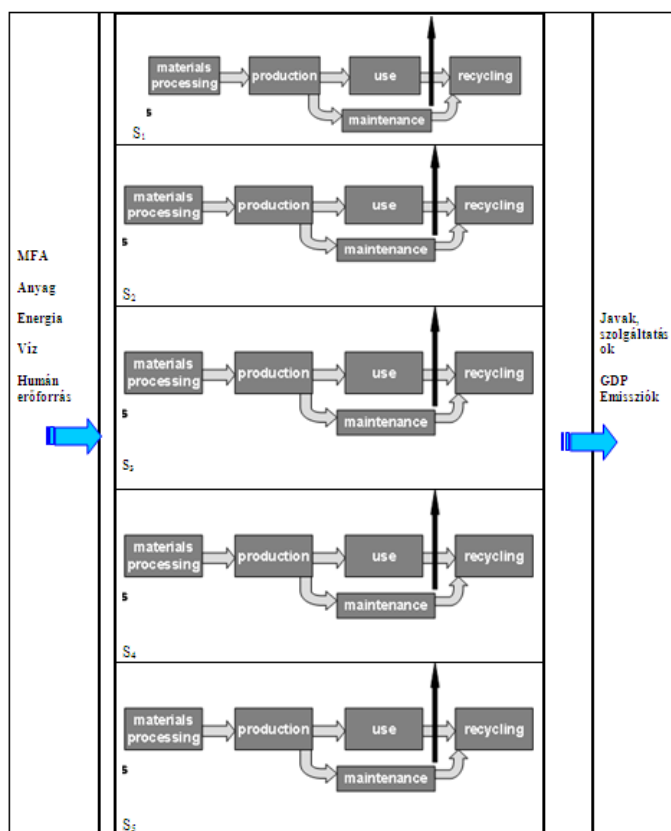
Az ágazati kapcsolatokon belül is a nagyobb hozzáadott értéket termelő, környezetterhelés és erőforrás felhasználás szempontjából is kiemelkedő ágazatok vizsgálata a cél: a vegyipar és energiaágazat anyag- és energiaáramának, gazdasági, társadalmi hatásainak és környezetterhelésének elemzése.

Modellünkben az elemzés az ISO 14040, illetve 14044 életciklus elemzésre vonatkozó szabványok alapján történik, de kiegészül gazdasági és társadalmi modellekkel, hogy a három pillér mentén történő értékelés megvalósulhasson. Az LCA mátrix struktúrára épül, és környezeti hatásokat egy környezeti teljesítmény indexbe aggregálja, míg a gazdasági és társadalmi pilléreknél a szenárióelemzéssel összekapcsolt trendvizsgálatokat preferáljuk. A modell felépítését a következő ábra mutatja.

Ez alapján az alkalmazandó modell az:

$$REI = I_n S I_k^T,$$

ahol EI a régió környezetterhelési indexe, I_n egy n -dimenziós egységvektor (soralakban), I_k^T pedig egy k -dimenziós egységvektor (oszlopalakban).



5. ábra. A régió értékeléséhez javasolt modell
Forrás: Roncz, Szita 2011

A környezetterhelési index végső soron az egyes szektoroknak az egyes szennyezőanyagokra vonatkozó környezetterheléseit tartalmazó S mátrix elemeinek összegeként áll elő. Ennek pontosítása érdekében az S mátrixot az alábbi módon definiáljuk:

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \dots & S_{nk} \end{bmatrix},$$

amely szerint a mátrix egyes sorai az egyes szektorokat ($i = 1, \dots, n$), az oszlopai pedig az egyes szennyezőanyagokat ($j = 1, \dots, k$) reprezentálják.

Az S mátrix S_{ij} eleme így az i -edik szektornak a j -edik szennyezőanyagra vonatkozó környezetterhelésére utal; pontosabban: az egyes S_{ij} elemek az i adott szektor környezetterhelésében domináns vállalatok aggregált környezetterhelése a j szennyező anyagra vonatkozóan.

A korábban említettek alapján a régió földrajzi határa adja a rendszerhatárokat, funkció egység a régióban előállított egységnyi GDP. Modellünk nem integrálja a régi teljes gazdasági aktivitását, csak azokra a szektorokra koncentrál:

- amelyek a régió környezetterhelésének kialakításában döntő szerepet játszanak: a kiválasztott indikátorok alapján a terhelés 80 %-át adó szektorok kerülnek figyelembe vételre. Ezek közül is kiválasztva a legnagyobb szennyezőket.
- Gazdasági szempontból azokat a szektorokat vizsgáljuk, ahol a hozzáadott érték a legmagasabb.
- Társadalmi szempontból egyrészt a legtöbb foglalkoztatottal rendelkező szektorok, másrészt a legnagyobb elbocsátásokat magukénak tudó szektorok vizsgálata kerül elemzésünk látó körébe.

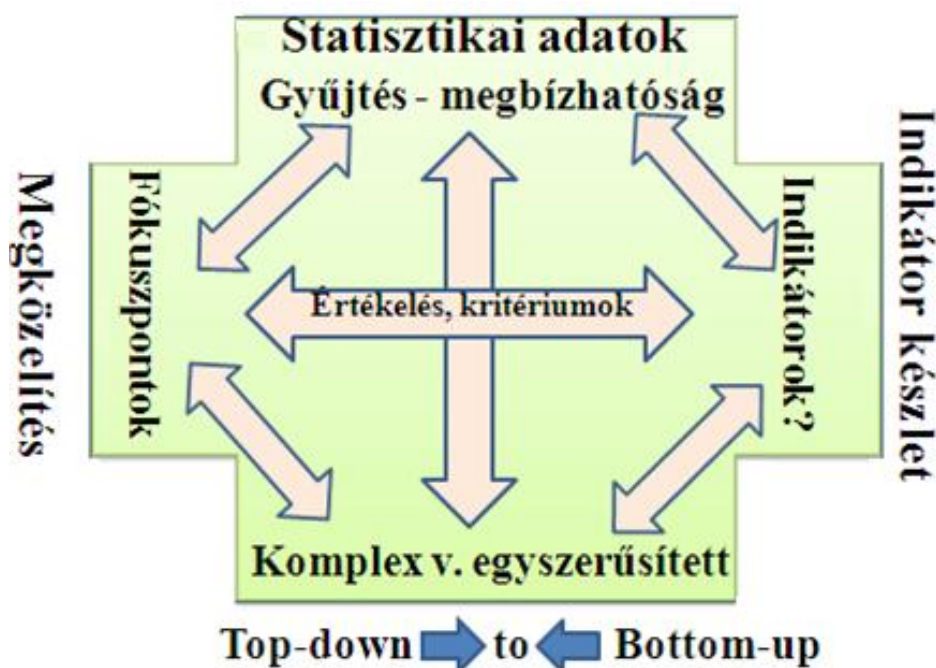
A vizsgált szektorok meghatározását (kijelölését) az elmúlt évek statisztikai adatainak elemzése alapozza meg, amely során:

- Az elemzést a szektorok és vállalatok belső felépítését jellemző folyamatok és anyagok mátrixba szervezett mennyiségi indikátorai alapján adjuk meg.
- A gazdasági mutatókat (EconI) az EVR alapján kívánjuk meghatározni, amelyhez a DELFT TU által meghatározott adatbázisokat is felhasználjuk, és a kiválasztott indikátoroknál figyelembe vesszük a régió hosszú távú stratégiai céljait, mint célértéket és a Lisszaboni célokat.
- A célértékhez (lisszaboni stratégiai célok, Kyotó célok, stb.) viszonyítást aggregált százalékos indexben adjuk meg.
- Ugyanezt alkalmazzuk a társadalmi indikátorok esetében is.
- Végül az eredményeket három dimenziós koordináta rendszerben ábrázoljuk EI, EconI, SI.

- A modell nem eredményez egyetlen mutatóba konvertált fenntarthatósági indexet.

Az elemzés során fellépő bizonytalanságok

Az elemzés során fellépő bizonytalanságok több oldalról fakadnak, amit az alábbi 6. ábra foglal össze. Egyrészt maga a megközelítés nagyon fontos, az, hogy mit értünk fenntarthatóságon, és milyen kérdésekre kívánunk fókuszálni az elemzés során. De az is lényeges, milyen indikátorokkal dolgozunk, hogyan épül fel a három pillérre vonatkozó indikátor-készlet. Az ezekhez szükséges statisztikai adatgyűjtés számos bizonytalanságot, hibaforrást jelenthet, amit tovább bonyolíthat, hogy komplex vagy egyszerűsített modellekkel valósul-e meg az elemzés. Ilyen egyszerűsítés, amikor az adatok hiányossága miatt az elemzés iparági adatokra épül, de nem számol minden anyagárammal, csak az elemzés szempontjából legrelevánsabb áramokat építi be (pl. az energia, földterület, víz, műtrágya szerepel az inputok között, és nem kerül figyelembe vételre az importanyagok szállítása), amit az elemzés dokumentációja mindenkor pontosan rögzít.



6. ábra. Az elemzés során fellépő bizonytalanságok
Forrás: Roncz, Szita 2011.

Általánosságban elmondható, hogy

- Nincs megbízható statisztikai adat az anyag- és energiaáramokra. Az energiaáramok nagyságára és összetételére vonatkozó információk hiányosak, pedig ezek a fenntarthatóság szempontjából alapvető fontosságúak. Ismereteink szerint folyamatban van egy anyagáram elszámolási folyamat (Kohlheb et al, 2006), de erre vonatkozó adatsorokkal még nem találkoztunk.
- A közigazgatási határok (régiók esetében) és a környezetvédelmi felügyelőségek ható körzetei eltérőek, így az emissziós információk is bizonytalanok.
- Nincs regionális ÁKM: Regionális szinten a KSH nem közöl ágazati kapcsolatok mérlegadatokat, ezért a regionális mérlegek képezését gondosan megválasztott származtatási módszertannal lehet biztosítani, ami magában hordozza a bizonytalanság tényezőjét.
- Az elérhető adatok eltérő vonatkoztatási alapra épülnek: A KSH által szolgáltatott indikátorok egysége gyakran változik és ellentmondásos.
- A régióra vonatkozó speciális információk beszerzése interjúkra, kérdőívekre épül, nagy időigénnyel és a válaszadás bizonytalansági tényezője is eltérő lehet.

Az értékelés kritériumainak meghatározása sarkalatos kérdés. A bizonytalanságok csökkentése érdekében pontosan rögzíteni kell az alábbiakat:

- Mi a fenntartható és mi nem az?
 - Skála, intervallum mentén történik-e az értékelés;
 - Vannak-e korlátok, és ha igen melyek ezek;
 - Hogyan történik az évek során bekövetkező változások kezelése;
 - miként értelmezi az EU direktívákhoz, célokhoz való viszonyt;
- Döntéshozók számára hogyan lehet érthetővé tenni.

Összefoglalás

Kutatásunkban egy regionális input-output elemzést, másrészt az elemzés életciklus szemléletét ötvöztünk, hogy objektív értékelést adhassunk egy régió fenntarthatósági megítéléséhez. A módszertan kidolgozása a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karának Regionális LCA Kompetencia Laboratóriumához kapcsolódik. A kutatás módszertani alapját az I-O LCA adta, ami az életciklus gazdasági adatokkal való kiegészítését jelenti. Az IO modell az amerikai kutatók fejlesztése, és célja, hogy értékelhető képet adjon az adott országban a termékek és szolgáltatások előállításának során jelentkező gazdasági és környezeti hatásokról, mind állami, mind regionális szinten. Napjainkig több országban vizsgálnak és fejlesztettek I-O modelleket, és ezekben lényeges figyelmet fordítanak az inter-

regionális tranzakciós hatások kutatására is. Ezeknek már szoftveres megoldása is fellelhető, amelyek a regionális multiplikátorok képzésében térnek el egymástól, ezek az egyes gazdasági tevékenységek nemzetgazdasághoz való gazdasági hozzájárulásainak eltérő arányosításából fakadnak.

A Kutatólaboratórium soron következő feladata: a modell véglegesítése – és az elemzés demo változatának elkészítése. Ez tartalmazza a vizsgálatához szükséges mátrix struktúra, illetve a kiválasztott szektorok jellemző adatainak idősoros feltöltését. Az értékeléshez elengedhetetlen a célértékek meghatározása, majd a meglévő adatbázisok összekapcsolása révén a kiválasztott szektorra vonatkozó elemzés elkészítése és az értékelés megvalósítása, amit a grafikus megjelenítés követ. Végeredményként olyan új módszertani eljárás kidolgozása valósul meg, amely segítségével meghatározhatóak a hazai regionális környezeti teljesítmények illetve ennek alapján a régió fenntarthatósági értékelése, és különböző optimalizációs forgatókönyvek kidolgozása.

Felhasznált irodalom

- Blanc, I., D. Friot, M. Margini, O. Jolliot* (2005): Towards a New Index for Environmental Sustainability Based on a DALY Weighting Approach Sustainable Development 16, 251–260. (2008)
- Bockermann, Andreas; Bernd Meyer, Ines Omann, Joachim H. Spangenberg* (2000): Modelling Sustainability with PANTA RHEI and SuE, Discussion Paper No. 68. December 2000.
- Brettel, S.* (2003): Econometric modelling in the evaluation of regional sustainable development A keynote paper of 3rd workshop of the EU Thematic Network project REGIONET Evaluation methods and tools for regional sustainable development, Manchester
<http://www.iccr-international.org/regionet/docs/ws3-brettell.pdf>
- Cicas, Gyorgyi; Chris T Hendrickson, Arpad Horvath, H Scott Matthews* (2007): A Regional Version of a US Economic Input-Output Life-Cycle Assessment Model Int. Journal of LCA 6. 365–372.
- Daly, H.* (1996): *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, 253 pp. Boston: Beacon Press,
- Dr. Cserháti Ilona, Dr. Révész Tamás, Dr. Takács Tibor* (2001): A SOCIO-LINE modell, A Fenntartható Fejlődés modellje. Gazdasági-társadalmi megközelítések (Első változat) Budapest, 2001. A Gazdaságelemzés módszerei 2001/I. szám.
- Fiksel, J., McDaniel, J. and Mendenhall, C.* (1999): Measuring Progress Towards Sustainability Principles, process and best practices, Greening of Industry Network Conference, Best Practice Proceedings, Battele Memorial Institute, Life Cycle Management Group Coumbus , Ohio

- Gerbens-Leenes P. W, H. C Moll, A. J. M Schoot Uiterkamp* (2003): Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems *Ecological Economics*, Volume 46, Issue 2, September 2003, 231–248.
- Heijungs Reinout, Gjalt Huppes, Jeroen B. Guinée* (2010): Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis *Polymer Degradation and Stability*, Volume 95, Issue 3, March 2010, 422–428.
- Heijungs Reinout, Gjalt Huppes, Jeroen Guinée* (2009): A Scientific Framework for LCA Deliverable (D15) of work package 2 (WP2) of CALCAS project.
- Hendriks, CF, Janssen, GMT & Vogtlander, JG* (2003). The assessment of recycled materials with the Eco-costs/Value Ratio Model. In R.K. Dhir, M.D. Newlands & T. D. Dyer (Eds.), *Sustainable Waste Management* (801–814). London: Thomas Telford Publishing.
- Jänicke, Martin* (2005): Evaluation of Sustainable Development, EASY-ECO
- Connaughton, John, Partner, Davis Langdon* (2007): Life-cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: towards a common methodology.
- Jungbluth, N.* 2011: Environmentally friendly food consumption: What does this mean? 17th SETAC case studies symposium, 28. 2. –1. 3. 2011 in Budapest.
- Meyer, B., Bockermann, A., Ewerhart, G., Lutz, C.* (1999): Modellierung der Nachhaltigkeitslücke. Eine umweltökonometrische Analyse. Heidelberg.
- Nadin, Vincent* (2003): Spatial Planning and Sustainable Development Draft for Discussion European Regional Sustainable Development Network, POLICY SEMINAR, Asturias, 3–4 April 2003, Centre for Environment and Planning-University of the West of England, Bristol.
- Onishi Akira* (2004): Futures of global interdependence (FUGI) global modeling system Integrated model for sustainable development *Journal of Policy modeling* 27 (2005) 101–135.
- Pauli, Günter* (2010): A két gazdaság 10 év 100 innováció 100 millió munkahely a Római Klub jelentése – magyar kiadás Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar.
- Rees, W. E. and M. Wackernagel* (1994) Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy, in *Jansson, A. et al.. Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*. Washington D.C.: Island Press.

- Rodríguez, M. A. R., De Ruyck, J., Roque Díaz, P., Verma, V. K., Bram, S. (2010): An LCA based indicator for evaluation of alternative energy routes, *Applied Energy* 88 (2011), 630–635.
- Roncz J., Tóthné Szita K. (2011): Sustainable Development and Dilemmas in Sustainability Measurement 17th Environmental and Analytical Symposium, MTA SZAB
- Roy, Robin (2010): Sustainable product-service systems. *Futures*, Volume 32, Issues 3–4, April 2000, 289–299.
- Thabrew, Lanka, Robert Ries (2009): Application of Life CXycle Thinking in Multistakeholder Contexts for Cross Sectoral Planning and Implementation of Sustainable Development Projects Integrated Environmental Assessment and Management – Volume 5, Number 3. 445–460.
- Tóthné Szita Klára (2007): A fenntartható fejlődés és életciklus-elemzés. In: VI. Nemzetközi Konferencia a közgazdász képzés megkezdésének 20. évfordulója alkalmából. **Szerk.:** Kocziszky György, Miskolc; Lillafüred, Magyarország, 2007. 10. 10–2007. 10. 11., 112–119.
- Tóthné Szita Klára (2008): Életciklus-elemzés életciklus hatásértékelés, Egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem.
- Vogtländer, Joost, Bianca Baetens, Arianne Bijma, Eduard Brandjes, Erwin Lindeijer, Merel Segers, Flip Witte, J. C. Brezet, CH. F. Hendriks (2009): LCA-based assessment of sustainability The Eco-cost/Value Ratio: EVR
- Wing, Ian Sue (2004): Computable General Equilibrium Models and Their Use in Economy-Wide Policy analysis Technical Note No 6
http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_TechNote6.pdf
- Zagamé, P. Prof. B. Boitier, A. Fougeyrollas, P. Le Mouél, Prof. P. Capros, N. Kouvaritakis, F. Bossier, F. Thierry, A. Melon (2010): The NEMESIS Reference Manual http://www.erasme-team.eu/index.php/erasme-reports/cat_view/50-nemesis-presentations.html
- Zamagni, A., P. Buttol, R. Buonomici, P. Masoni, J.B. Guinée, G. Huppés, R. Heijungs, E. van der Voet, T. Ekvall, T. Rydberg (2009): D20 Blue Paper on Life Cycle Sustainability Analysis Deliverable, Calcas

Abstract

Having reached the time of sustainable strategy renewal, the demand for sustainability evaluation and environmental performance is increasing. In practice, several methods could be used to assess the objective environmental performance. The basic concept of our analysis is built on the LCA standards of ISO 14040 and ISO 14044 but supplemented by economic and social elements; according to our concept all (three) pillars of sustainability should be integrated into the assessment. In the development of the concept we used several models as a starting point (EIOA, MFA, REEIO, CALCAS, GEM-E3, EVR), selecting their advantages to build a measurable, relatively simplified, transparent, and coherent model specified to our region (at NUTS 2 level), representing an underdeveloped, area that was formerly a heavy-industrial centre. Both of the new approach elements are challenging, during the elaboration we had to face with severe problems. In this paper we gather the most relevant dilemmas of sustainable development measurement.

Key words: Sustainability, LCA